

## EVALUASI PERFORMA KONDENSOR PLTU JENEPONTO UNIT 1 EKSISTING 2 X 125 MW

Muhammad Anshar<sup>1\*</sup>, Yiyin Klistafani<sup>2\*\*</sup>, Mahdyah Nur Pratiwi<sup>3\*\*\*</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia  
\*muh\_anshar@poliupg.ac.id, \*\*klistafani@gmail.com, \*\*\*mahdyahnurpratiwiarief@gmail.com

**Abstract:** Knowing the Condenser Performance of the Existing 2 x 125 MW Jeneponto Unit 1 PLTU. The method used in this research is a case study with a descriptive method which begins with identifying the problem, literature study, collecting design and actual condenser data, and processing the data to look for factors related to condenser performance such as Turbine Heat Rate (THR), Heat Rejection (QHR), Overall Heat Transfer Coefficient (Ua), Logarithmic Mean Temperature Difference (LMTD), Cleanliness Factor (Cf), and by calculating Condenser Efficiency ( $\eta_c$ ), then analyzing condenser performance and concluding. Based on the results of the Unit 1 condenser efficiency research, an increase in condenser performance was obtained which was seen in the increase in the average cleanliness factor (Cf) from 30.12% to 81.00% or an increase of 50.87% and the average condenser efficiency ( $\eta_c$ ) which also increased from 39.93% to 65.02% or an increase of 25.09%. This increase occurred because the heat transfer process in the condenser was better due to cleaning the tubes and filters.

**Keywords:** steam power plants, condenser performance, heat transfer.

**Abstrak:** Mengetahui Performa Kondensor PLTU Jeneponto Unit 1 Eksisting 2 x 125 MW. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi kasus dengan metode deskriptif yang dimulai dengan melakukan identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data desain dan aktual kondensor, melakukan pengolahan data untuk mencari faktor-faktor yang berkaitan dengan performa kondensor seperti *Heat Rate Turbin (THR)*, *Heat Rejection (QHR)*, Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh ( $U_a$ ), *Logarithmic Mean Temperature Difference (LMTD)*, *Cleanliness Factor (Cf)*, serta dengan menghitung *Condenser Efficiency ( $\eta_c$ )*, kemudian melakukan analisis performa kondensor serta penarikan kesimpulan. Berdasarkan hasil penelitian efisiensi kondensor Unit 1 diperoleh peningkatan performa kondensor yang terlihat pada peningkatan rata-rata faktor kebersihan ( $C_f$ ) dari 30,12% meningkat menjadi 81,00% atau meningkat sebesar 50,87% serta rata-rata efisiensi kondensor ( $\eta_c$ ) yang juga meningkat dari 39,93% menjadi 65,02% atau meningkat sebesar 25,09%. Peningkatan tersebut terjadi karena proses perpindahan panas pada kondensor lebih baik akibat pembersihan *tube* dan *filter*.

**Kata Kunci :** pembangkit listrik tenaga uap, performa kondensor, perpindahan panas.

### I. PENDAHULUAN

Pada beberapa bulan terakhir, khususnya pada awal Tahun 2019 adalah musim penghujan bahkan terjadi banjir pada daerah Jeneponto. Pada saat itu, kondisi air laut terdapat banyak lumpur dan kotoran yang mungkin ikut lolos pada *Circulating Cooling Water*, sehingga berpengaruh terhadap kinerja kondensor, dikarenakan pada PLTU Jeneponto menggunakan fluida kerja dan sistem pendingin dari air laut. Beberapa bulan kemudian, berdasarkan jadwal yang telah ditetapkan PLTU Jeneponto Unit 1 yaitu tepatnya pada tanggal 21 Juni 2019 mengadakan kegiatan medium *Overhaul*. Oleh karena itu, penulis ingin melakukan Evaluasi Performa Kondensor sebelum dan setelah *Overhaul* pada PLTU Jeneponto Unit 1 Eksisting yang berlangsung selama 96 jam kerja. Diharapkan hasil yang diperoleh dapat menjadi bahan referensi dan menambah wawasan kita mengenai performa kondensor.

Berbagai jenis sistem dan komponen yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yaitu ; *High Pressure Boiler*, *Prime Mover*, *Coal Handling System*, *Ash & Dust Handling System*, *Feed Water Purification Plant*, *Pumping System*, *Economizer*, *Super Heater*, *Feed Heater*, dan *Condenser* [1].

Kondensor adalah salah satu jenis alat penukar kalor (Heat Exchanger) yang berfungsi untuk mengkondensasikan fluida kerja dengan media air pendingin yang diambil dari air laut". Penggunaan prinsip *Heat Exchanger* pada PLTU berfungsi untuk mengkondensasi uap air yang berasal dari turbin uap sehingga berubah fase menjadi cair kembali. Kondensor menjadi salah satu komponen yang

paling penting pada *water steam cycle* karena pada alat ini terjadi perpindahan panas (panas laten) yang masih terkandung di dalam uap air menuju media pendingin[2].

Kondensor sangat rentan terhadap gangguan-gangguan yang dapat menghambat kinerjanya, salah satu faktor penyebab penurunan kinerja kondensor yaitu *Fouling* kondensor. Adanya *fouling* (endapan) yang mengotori tube-tube kondensor sangat mungkin terjadi. Timbulnya *fouling* diakibatkan karena sirkulasi *condenser cooling water* berasal dari air laut sehingga kemungkinan besar yang terjadi adalah banyaknya endapan kotoran-kotoran yang ikut masuk dan sebagian mengendap pada permukaan tube-tube dan bagian kondensor lainnya. *Fouling* sendiri dibagi menjadi beberapa tipe yaitu *fouling* karena mikrobiologi, *scale*, deposit, korosi, dan kotoran penyumbat *tube condenser*. Adanya *fouling* ini dapat menurunkan kinerja dari kondensor yang mengakibatkan laju perpindahan panas menjadi berkurang [3].

Penelitian yang dilakukan oleh Prayudi, Sudirmanto dan Dimas Indra Wijawa yaitu Analisis Kinerja Kondensor Sebelum dan Sesudah *Overhaul* di PT. Indonesia Power UJP PLTU Lontar Banten Unit 3 yang menggunakan *Surface Condenser*, dimana air pendingin dan uap terpisah. Berdasarkan hasil penelitian diketahui Efisiensi kondensor dipengaruhi oleh nilai laju panas kondensor, beda suhu rata-rata logaritmik, dan faktor kebersihan. Panas kondensor dihitung dengan pendekatan *Heat Balance* dan *Heat Rejection*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data operasi pada tahun 2015 yaitu bulan Juni 2015 dan Oktober 2015. Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa peningkatan efisiensi kondensor sebesar 10% dari 43,6% menjadi 53,6% setelah *overhaul*. Peningkatan efisiensi kondensor dipengaruhi oleh penurunan laju panas 5,32%, penurunan panas kondensor 7,03%, beda suhu rata-rata logaritmik 8,11%, peningkatan faktor kebersihan 22,91%. Dari hasil ini menunjukkan bahwa aktivitas *overhaul* secara efektif meningkatkan efisiensi kondensor [4].

Penelitian yang dilakukan Prihastuty dan Soekardi Chandrasa yang meneliti tentang Analisa Kinerja Kondensor pada Instalasi PLTU Kalang Minyak Kaitannya dengan Kebocoran Tube menyimpulkan bahwa dari data riset eksperimental dapat dievaluasi *performance* kondensor berdasarkan pada kondisi penyumbatan *tube* menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan panas aktual mengalami penurunan sebesar 15.75 %, nilai faktor korosi bertambah sebesar 2,5%, nilai efektivitas alat kondensor mengalami penurunan sebesar 34.6%, temperatur *outlet* fluida panas bertambah 19.3%, temperatur *outlet* fluida dingin berkurang sebesar 9.3%, sedangkan untuk efisiensi termal instalasi mengalami penurunan sebesar 18.6%. Solusi yang dapat dilakukan agar kebocoran *tube* tidak terjadi adalah mengurangi proses *scale* pada *tube* kondensor dengan menjaga kualitas air pendingin dan kondensat. Selain itu aliran air pendingin harus diatur sesuai dengan spesifikasi kondensor. Untuk meningkatkan kinerja kondensor yang sudah menurun akibat terjadinya *scale* pada tube-tube kondensor perlu dilakukan *chemical cleaning* atau *mechanical cleaning* [5].

Evaluasi kinerja kondensor dilakukan dengan mengevaluasi parameter-parameter sebagai berikut :

- 1) *Turbine Heat Rate* (THR).
- 2) Laju perpindahan kalor dengan metode *HeatRejection* ( $Q_{HR}$ )
- 3) Perbedaan temperatur logaritmik (LMTD)
- 4) Koefisien perpindahan kalor menyeluruh ( $U_a$ )
- 5) *Cleanliness Factor*,  $C_F$  %
- 6) Efisiensi kondensor ( $\eta_c$ )

*Heat Rate* Turbin merupakan perbandingan antara penggunaan jumlah kalor didalam turbin dengan besarnya output yang dihasilkan. Besarnya *heat rate* turbin dihitung berdasarkan jumlah kalor bersih yang digunakan didalam turbin dibagi dengan jumlah daya (kW) yang dibangkitkan dari generator listriknya (bukan dari *output* pada poros turbin) [6]. Rumus dari *Heat Rate Turbin* adalah :

$$THR = \frac{HI}{OG} \text{ atau } THR = \frac{Q_{in}(kcal/h)}{P_{gout}(kW)} \dots\dots\dots (1)$$

dimana HI adalah heat input, OG adalah output generator. HI dihitung dengan rumus [6] :

$$HI = \sum \dot{m}_i h_i \text{ menjadi } \sum Q_{ms} + Q_{HRh} - Q_{FW} - Q_{CRh} - Q_{DSH} - Q_{DRh}(kcal/h) \dots\dots\dots (2)$$

Perhitungan yang dipantau untuk perhitungan Heat Rate Turbine adalah

- o Temperatur ( $^{\circ}C$ ), Tekanan (Bar), Entalphy (kJ/kg), Mass Flow (kg/h) untuk menentukan *Heat* (nilai kalor) pada *Main Steam*, *Cold Reheat Steam*, *Hot Reheat Steam*, *Final Feed Water*, *Reheater Spray*, dan *Superheater Spary* yang merupakan *Heat input*,  $Q_{in}$  (kcal/h)

- Generator Output,  $P_{gout}$  (kW)
- Turbine Heat Rate, THR (kcal/kWh)

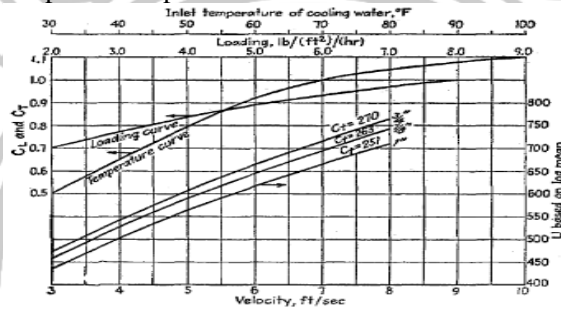
Pada proses kondensasi uap menjadi air kondensat, didalam kondensor terjadi proses perpindahan panas dari uap keluar turbin menghasilkan beban kalor yaitu *Heat Rejection* [6]. Besarnya beban kalor tersebut dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_{hr} = (THR - 860) \times P_{g(out)} - (P_{g losses} + P_{ml}) \times 860 \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

- $Q_{hr}$  = Panas Dengan Metode Heat Rejection (kcal/h)
- $P_{g losses}$  = Generator Losses (1,11%) (kW)  
= Generator Output x 1,11%
- $P_{ml}$  = Turbine Mechanical Losses (kW)
- $P_{g(out)}$  = Generator Output (kW)
- THR = Turbine Heat Rate (kcal/kWh)

LMTD (*Logaritmik Mean Temperature Difference*) yaitu perbedaan suhu rata-rata logaritmik yang merupakan persamaan yang menggambarkan perbedaan temperatur rata-rata kondensor [7]. Diagram temperatur T-A dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut.



Gambar 1 Koefisien pada *Surface Condenser*[7]

Perbedaan antara temperatur uap jenuh dan temperatur air pendingin masuk kondensor, diberi notasi  $(t_s - t_i)$  atau  $\Delta T_a$ . Sedangkan perbedaan antara temperatur uap jenuh dengan temperatur air pendingin keluar kondensor, diberi notasi  $(t_s - t_o)$  atau  $\Delta T_b$  [7]. Berikut rumus perbedaan temperatur logaritmik (LMTD), yaitu :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_a - \Delta T_b}{\ln (\Delta T_a / \Delta T_b)} \dots\dots\dots (4)$$

Koefisien perpindahan menyeluruh pada kondensor dievaluasi dengan rumus [7]:

$$U_a = \frac{Q_{HR}}{A \cdot \Delta T_{LMTD}} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

- $U_a$  = Koefisien perpindahan kalor menyeluruh, (kcal/m<sup>2</sup> h °C)
- $Q_{HR}$  = Beban panas kondensor, (kcal/h)
- $A$  = Luas permukaan luar pipa total, (m<sup>2</sup>)
- $\Delta T_{LMTD}$  = Perubahan suhu rata-rata logaritmik, (°C)

*Cleanliness Factor* adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan tingkat kebersihan *tube* yang diperoleh dari perhitungan. Tingkat kebersihan ini berpengaruh terhadap proses perpindahan panas yang terjadi pada *tube*. Semakin tinggi dari nilai *cleanliness factor* maka proses perpindahan panas yang terjadi semakin baik [1]. Berikut rumus *Cleanliness Factor* yaitu :

$$Cf = \frac{U_a}{U_d} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

- Cf = *Cleanliness Factor* (%)
- $U_a$  = Koefisien perpindahan panas menyeluruh aktual (kcal/m<sup>2</sup>.h.°C)
- $U_d$  = Koefisien perpindahan panas menyeluruh desain (kcal/m<sup>2</sup>.h.°C)

Efisiensi kondensor adalah rasio antara kenaikan suhu air pendingin dengan selisih suhu masuk air pendingin dan temperatur uap jenuh (saturasi) [1]. Efisiensi kondensor dihitung dengan rumus, yaitu :

$$\eta_c = \frac{T_o - T_i}{T_s - T_i} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

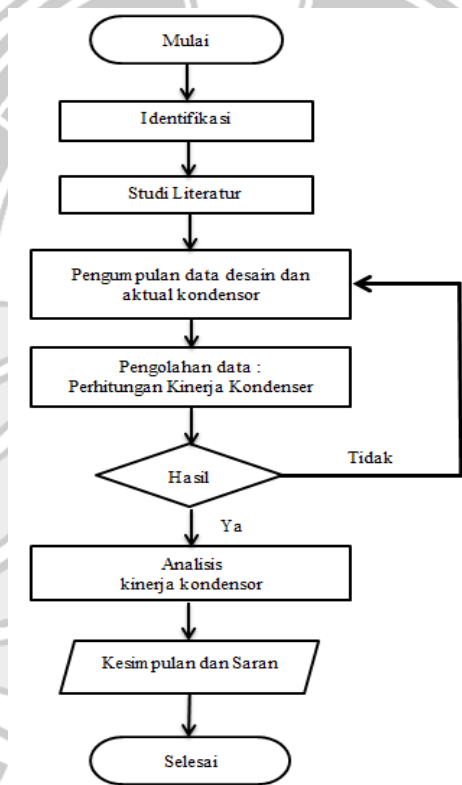
- $T_s$  = Temperature Saturated, ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $T_i$  = Temperature Masuk Kondensor, ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $T_o$  = Temperature Keluar Kondensor, ( $^{\circ}\text{C}$ )

Ruang Kondensat atau *HotWell* ditempatkan pada sisi atau bagian bawah shell untuk menampung semua kondensat yang dipompa menggunakan *Condensate Pump* sebagai *feed water* untuk disirkulasikan kembali. Pada *Hotwell* juga dilengkapi dengan pengukur level serta saluran pembuangan [8].

## II. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan proses penelitian ini dilaksanakan di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeneponto 2 x 125 MW, Desa Punagaya, Kecamatan Bangkala, Kabupaten Jeneponto, Sulawesi Selatan. Pengamatan dilakukan pada kondensor PLTU Jeneponto 2 x 125 MW Unit 1 (1 x 100 MW). Adapun data penelitian diambil dari data operasi pada bulan Januari sampai bulan Desember 2019.

Adapun metode yang digunakan adalah metode deskriptif dengan prosedur penelitian sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif yang digunakan untuk melakukan pengecekan dan analisa terhadap performa kondensor sebelum *Overhaul* pada bulan Mei 2019 setelah *Overhaul* pada Agustus 2019. Menggunakan metode langsung, data kondensor yang diperoleh dari PLTU Jeneponto 2 x 125 MW meliputi :

- Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ), Tekanan (Bar), *Entalphy* (kJ/kg), *Mass Flow* (kg/h) untuk menentukan *Heat* pada *Main Steam*, *Cold Reheat Steam*, *Hot Reheat Steam*, *Final Feed Water*, *Reheater Spray*, dan *Superheater Spary* yang merupakan *Heat input*,  $Q_{in}$  (kcal/h).
- *Generator Output*,  $P_g$  (kW)
- Luas permukaan luar pipa total,  $A$  ( $\text{m}^2$ )
- Temperatur Saturasi,  $T_s$  ( $^{\circ}\text{C}$ )
- Temperatur Pendingin Masuk Kondensor,  $T_i$  ( $^{\circ}\text{C}$ )
- Temperatur Pendingin Keluar Kondensor,  $T_o$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

Kemudian melakukan Evaluasi kinerja kondensor dilakukan dengan mengevaluasi parameter-parameter sebagai berikut :

- *Turbine Heat Rate* (THR).
- Laju perpindahan kalor dengan metode *HeatRejection* ( $Q_{HR}$ )
- Perbedaan temperatur logaritmik (LMTD)
- Koefisien perpindahan kalor menyeluruh ( $U_a$ )
- *Cleanliness Factor*,  $C_F$  %
- Efisiensi kondensor ( $\eta_c$ )

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan metodologi penelitian spesifikasi kondensor dan data operasi yang digunakan dalam penelitian disajikan pada tabel 1 dan tabel 2 berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Kondensor

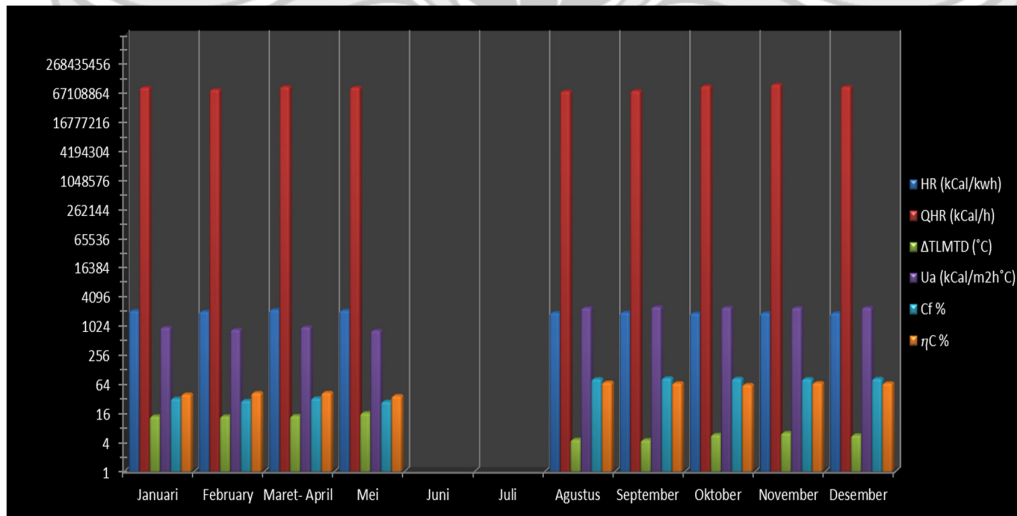
<b>CONDENSER SPESIFICATION</b>	
Manufacture	Dongfang Turbine Co.,Ltd
Type	Horizontal Surface Cooling, Divided Water Boxes, Two-Pass Type
Number	One (1) set for each Generating Unit
<b>Performance Data :</b>	
Desain Heat Duty Rating (kJ/s)	165950,2 kJ/s
Design Exhaust Absolute Pressure (kPa)	7.5 kPa
Heat Transfer Coeficient (J/(S.m <sup>2</sup> .°C)	3367,33 J/(S.m <sup>2</sup> °C)
Circulating Water Quantity (m <sup>3</sup> /s)	6.1 m <sup>3</sup> /s
Circulating Water Inlet Temperature (°C)	Design 29 °C
Circulating Water Outlet Temperature (°C)	35.8 °C
Circulating Cooling Water Pressure (MPa)	0,35 Mpa
Cleanliness Factor (%)	90%
Condensate Oxygen Content (cc/liter)	>30 µg/L, (under normal operation)
Water Velocity In Tube (m/sec)	2.3 m.sec
Friction Loss Trough Tube (kPa)	42 kPa
Total Effective Tube Surface (m <sup>2</sup> )	6700 m <sup>2</sup>
Cooling Surface Area	6870 m <sup>2</sup>
Cooling Water Flow	21500 t/h
Steam Flow	262 t/h
Effective Tube Length	8910 mm / ASTM B338 Gr2
Overall Tube Length	8910 mm // ASTM B338 Gr2
Size and Thickness	Titanium pipe $\phi 28 \times 0,5$ / ASTM B338Gr.2
Number of Tube ( Main Condenser Tube )	7818 mm
Size and Thickness	Titanium pipe $\phi 28 \times 0,7$ / ASTM B338Gr.2
Number of Tube (ir Cooling Zone and Exhaust	1064 mm
Hott Well Level	0,57 m

Sumber : Manual Operation Book PT. Bosowa Energi PLTU Jeneponto Eksisting 2 x 100 MW , 2012.

Tabel 2. Hasil Analisa Data Penelitian

System	Bulan Ke									
	Januari	Februari	Maret-April	Mei	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
	Sebelum Overhaul					Setelah Overhaul				
Ud (1/3.m <sup>2</sup> .°C)	3367,33	3367,33	3367,33	3367,33	3367,33	3367,33	3367,33	3367,33	3367,33	3367,33
Ud (kcal/h.m <sup>2</sup> .°C)	2895,90	2895,90	2895,90	2895,90	2895,90	2895,90	2895,90	2895,90	2895,90	2895,90
Steam Flow (T/H)	204,40	194,75	206,27	208,46	189,02	189,12	254,76	271,28	243,12	243,12
Main Steam Temperature (°C)	533,03	532,53	538,59	530,62	529,20	530,76	531,32	524,87	527,24	527,24
Main Steam Pressure (Mpa)	6,05	6,02	6,00	6,02	5,72	5,65	7,67	8,28	7,69	7,69
Enthalphy (kJ/kg)	3499,95	3499,08	3489,96	3494,56	3494,31	3498,71	3478,65	3456,48	3468,45	3468,45
Mass Flow (kg/h)	204404,58	194754,41	206267,82	208460,16	189018,96	189116,29	254758,02	271280,95	243116,09	243116,09
Q (kJ/h)	715406352,95	681462112,05	719866088,49	728475685,62	660491036,52	661663622,18	886213870,06	937678465,69	843236578,32	843236578,32
Hot Reheater Steam Temperature (°C)	530,31	524,63	521,88	520,77	530,40	530,24	528,85	531,35	529,21	529,21
Hot Reheater Steam Pressure (Mpa)	1,41	1,38	1,35	1,36	1,37	1,33	1,83	1,92	1,76	1,76
Hot Flow (T/h)	199,55	189,92	201,44	203,64	184,13	184,23	249,90	266,46	238,26	238,26
Enthalphy (kJ/kg)	3540,51	3528,36	3522,63	3520,10	3541,09	3541,13	3533,08	3537,69	3534,58	3534,58
Mass Flow (kg/h)	199554,53	189919,92	201441,06	203638,31	184126,65	184233,04	249903,56	266455,62	238259,89	238259,89
Q (kJ/h)	706524306,25	670104965,60	709602654,02	716272955,51	650096995,58	652393661,18	882929599,26	942636909,78	842149541,17	842149541,17
Cold Reheater Steam Temperature (°C)	338,16	336,07	334,16	335,84	343,91	345,65	348,73	343,01	343,07	343,07
Cold Reheater Steam Pressure (Mpa)	1,56	1,46	1,43	1,45	1,45	1,41	1,93	2,03	1,86	1,86
Cold Flow (T/h)	198,27	188,62	200,14	202,33	182,89	182,98	248,63	265,15	236,98	236,98
Enthalphy (kJ/kg)	3120,18	3117,86	3114,37	3117,58	3135,15	3136,20	3135,48	3120,47	3124,36	3124,36
Mass Flow (kg/h)	198272,58	188622,41	200135,82	202328,16	182886,96	182984,29	248626,02	265148,95	236984,09	236984,09
Q (kJ/h)	618646606,81	588080606,90	623297034,43	630774382,61	573377345,62	573874651,64	779562775,34	827898185,79	740423700,06	740423700,06
SHLL Desuperheater Outlet Temp (°C)	214,93	214,58	213,47	225,79	213,44	213,83	227,68	230,20	225,76	225,76
Desuperheat Superheated Steam Pressure (Mpa)	6,81	6,76	6,77	6,79	6,70	6,64	8,67	9,28	8,68	8,68
SHLL Desuperheater Outlet Flow (T/H)	7,88	8,19	6,86	6,17	6,87	5,11	6,61	7,89	6,99	6,99
Enthalphy (kJ/kg)	917,16	918,76	913,67	913,54	913,54	915,32	979,33	991,06	970,50	970,50
Mass Flow (kg/h)	7879,12	8192,51	6859,84	6167,04	6866,76	5111,34	6632,95	7890,45	6985,57	6985,57
Q (kJ/h)	7226401,90	7526983,30	6267653,73	5985384,76	6273034,07	467836,55	6476270,55	7324359,21	6779471,97	6779471,97

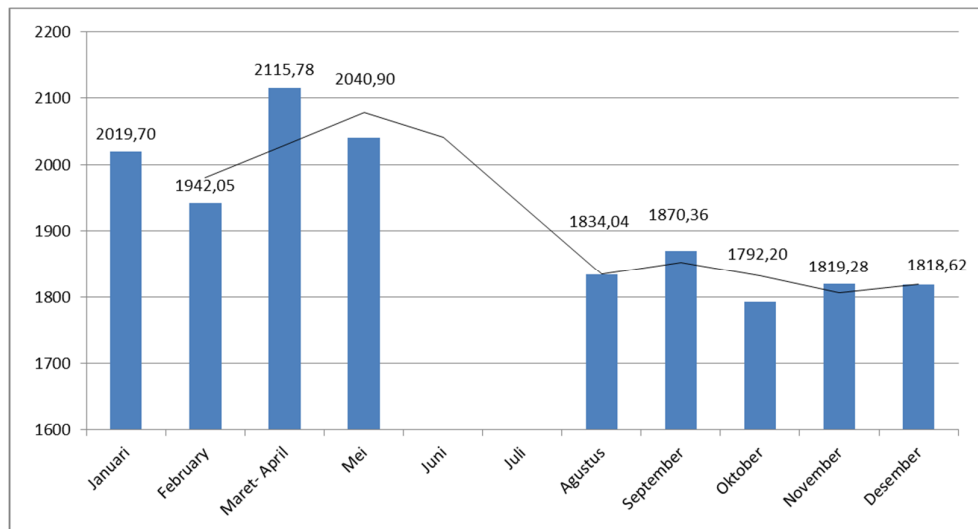
Berdasarkan hasil analisis data, diperoleh beberapa grafik kinerja kondensor dari Januari sampai Desember 2019 yaitu Gambar 3 Grafik Perbandingan Performa Kondensor, Gambar 4 Grafik Perbandingan Turbine Heat Rate (THR), Gambar 5 Grafik Perbandingan Heat Rejection (QHR), Gambar 6 Grafik Perbandingan Perbedaan Temperatur Logaritmik (LMTD), Gambar 7 Grafik Perbandingan Perbedaan Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (Ua), Gambar 8 Grafik Perbandingan Persentase Cleanliness Condenser (C<sub>f</sub>) dan Condenser Efisiensi (η<sub>C</sub>), yaitu sebagai berikut :



Gambar 3 Grafik Perbandingan Performa Kondensor dari Januari sampai Desember 2019.

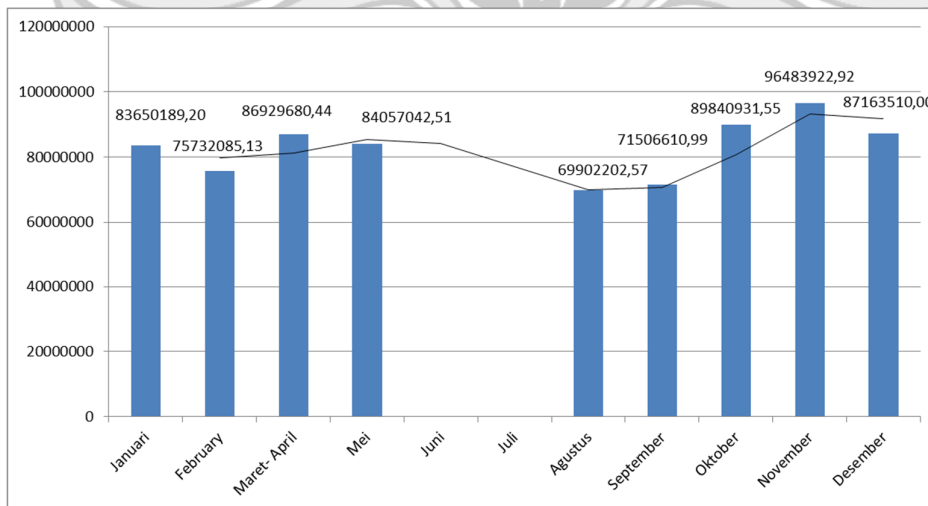
Pada Gambar 3 dapat dilihat efisiensi kondensor setelah mengalami banjir bandang dan sebelum dilakukan overhaul diperoleh nilai terendah yaitu sebesar 27,33% pada bulan Mei. Hal ini disebabkan karena beberapa faktor yaitu tingginya nilai uap yang dikeluarkan turbine (THR) yang berarti kurangnya panas yang berguna, meningkatnya panas yang dibuang kondensor pada beban yang sama, tingginya perbedaan temperatur logaritmik (LMTD) masuk dan keluar kondensor yang berdampak pada rendahnya koefisien perpindahan panas menyeluruh (Ua) dan berarti turunnya tingkat kebersihan kondensor (C<sub>f</sub>). Sedangkan nilai efisiensi kondensor setelah dilakukan overhaul diperoleh nilai tertinggi sebesar 83,77% pada bulan September, yang disebabkan karena beberapa faktor yaitu

rendahnya nilai uap yang dikeluarkan turbine (THR) yang berarti meningkatnya panas yang berguna, menurunnya panas yang dibuang kondensor pada beban yang sama, rendahnya perbedaan temperatur logatitmik (LMTD) masuk dan keluar kondensor yang berdampak pada meningkatnya koefisien perpindahan panas menyeluruh ( $U_a$ ) dan berarti naiknya tingkat kebersihan kondensor ( $C_f$ ).



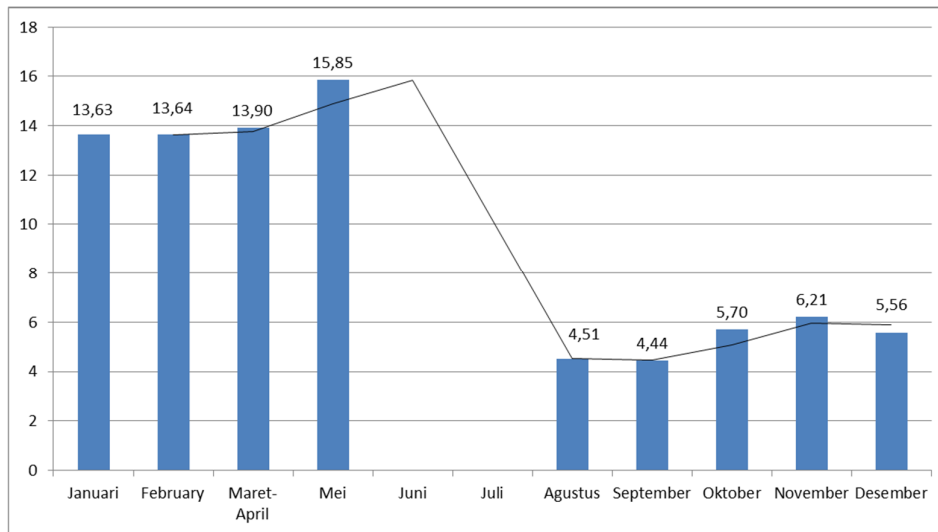
Gambar 4 Grafik Perbandingan *Turbine Heat Rate* (THR) dari Januari sampai Desember 2019

Pada Gambar 4 terlihat bahwa besarnya nilai *heat rate* sebelum *overhaul* dan setelah *overhaul* mengalami penurunan. Hal ini berarti jumlah panas yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya menurun setelah dilakukan *overhaul*.



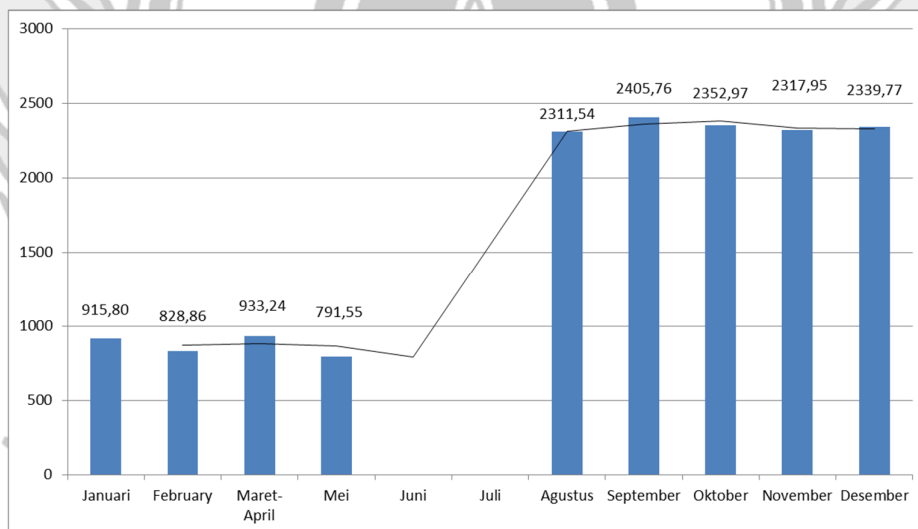
Gambar 5 Grafik Perbandingan *Heat Rejection* (QHR) dari Januari sampai Desember 2019

Berdasarkan Gambar 5 nilai *heat rejection* pada beban 70 MW sebelum *overhaul* mengalami penurunan setelah dilakukannya *overhaul* pada bulan Agustus dan September dan mengalami peningkatan pada bulan Oktober, November, dan Desember seiring kenaikan permintaan beban. Hal ini berarti besarnya panas yang dibuang oleh kondensor mengalami penurunan untuk beban yang sama, dan meningkat seiring dengan permintaan kenaikan beban.



Gambar 6 Grafik Perbandingan Perbedaan Temperatur Logaritmik (LMTD) dari Januari sampai Desember 2019

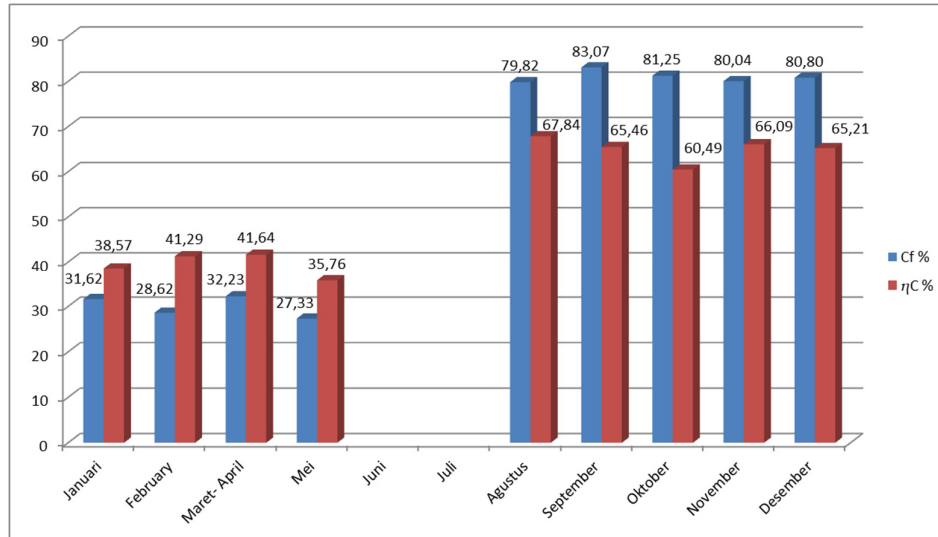
Pada Gambar 6 terlihat bahwa nilai LMTD mengalami penurunan setelah dilakukan overhaul. Hal ini berarti setelah dilakukan overhaul, perbedaan temperatur antara masuk kondensor dan keluar kondensor tidak terlalu besar. Penurunan nilai LMTD ini, akan berdampak pada kenaikan efisiensi kondensor yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7 Grafik Perbandingan Perbedaan Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh ( $U_a$ ) pada Kondensor

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan koefisien perpindahan panas menyeluruh dalam kondensor ( $U_a$ ) setelah dilakukan *overhaul*. Terjadi peningkatan koefisien perpindahan panas menyeluruh, akibat penurunan nilai LMTD. Hal ini nantinya akan berdampak pada *cleanliness condensor* yang dapat dilihat pada gambar berikut.





Gambar 8 Grafik Perbandingan Persentase *Cleanliness Condenser* ( $C_f$ ) dan *Condenser Efisiensi* ( $\eta_C$ ).

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan rata-rata efisiensi kondensator dari 39,93% menjadi 65,02% atau meningkat sebesar 25,09% serta peningkatan rata-rata *cleanliness factor* kondensator dari 30,12% menjadi 81,00% atau meningkat sebesar 50,87%. Peningkatan efisiensi dan *cleanliness factor* berarti bahwa kinerja kondensator lebih efisien dikarenakan *tube-tube* kondensator lebih bersih dibandingkan sebelum *overhaul* yang menyebabkan proses perpindahan panas yang terjadi di kondensator berlangsung lebih baik.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa, terjadi peningkatan performa kondensator dari bulan Januari sampai Desember yang terlihat pada peningkatan rata-rata *cleanliness factor* ( $C_f$ ) kondensator dari 30,12% menjadi 81,00% atau meningkat sebesar 50,87% serta peningkatan rata-rata efisiensi kondensator dari 39,93% menjadi 65,02% atau meningkat sebesar 25,09%. Peningkatan tersebut terjadi karena proses perpindahan panas pada kondensator lebih baik akibat pembersihan *tube* dan *filter*. Peningkatan performa kondensator dibuktikan dengan menganalisa beberapa faktor sebelum dan setelah *overhaul*. Adapun beberapa faktor tersebut, yaitu :

- Penurunan nilai *heat rate* (THR) sehingga nilai panas yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya juga menurun.
- Penurunan nilai *heat rejection* (QHR), hal ini berarti panas yang dibuang kondensator menurun pada beban yang sama dan meningkat seiring pertambahan beban.
- Penurunan nilai perbedaan temperatur logaritmik (LMTD), yang berarti penurunan perbedaan panas yang keluar dan masuk kondensator sehingga perpindahan panas menyeluruh pada kondensator ( $U_a$ ) meningkat.
- Penurunan LMTD dan peningkatan  $U_a$  berdampak pada kenaikan efisiensi kebersihan kondensator, sehingga efisiensi performa kondensator juga meningkat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Raja, et al. 2006. *Power Plant Engineering*. New Age. New Age Internasional Publishers.
- [2] Prayudi dan Hendri. 2017. Analisis Performa Kondensator DI PT. Indonesia Power UJP PLTU Lontar Banten Unit 2. *Jurnal Power Plant*, Volume 4, Nomor 4, Mei 2017: 271-278. (Online), (<http://ejurnal.stt.pln>) , diakses 10 September 2019.

- [3] Lini, Asrorin Safira Zata dan Bayu Rudiyanto. 2016. Penentuan Nilai Efektivitas Condenser di PLTU PAITON Unit 5 PT. YTL Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Rotary*, Volume1, Nomor 1, Agustus 2016 : 1-7. (Online), (<https://publikasi.polije.ac.id/index.php/jir/article/viewFile/203/174>), diakses 10 September 2019.
- [4] Prayudi, dkk. 2016. Analisis Kinerja Kondensor Sebelum dan Sesudah Overhul di PT. Indonesia Power UJP PLTU Lontar Banten Unit 3. *Jurnal Power Plan*, Volume 4, Nomor 2, Mei 2016:60-117.(Online), (<http://ejurnal.stt.pln>), diakses 28 November 2019.
- [5] Prihastuty, Endang dan Chandrasa Soekardi. 2010. Analisis Kinerja Kondensor pada Instalasi PLTU Kilang Minyak Kaitannya dengan Kebocoran Tube. *Jurnal Ilmiah Teknobiz*, Volume - , Nomor.2010.(Online),(<https://scholar.google.com/citations?user=YpU8BKEAAAAJ&hl=id&oi=sra>), diakses 10 September 2019.
- [6] Nag P.K., Power Plant Engineering, Thied Edition, Tata Mac.Graw Hill, New Delhi India, 2008.
- [7] Kern, Donald Q. 1950-1983. *Process Heat Transfer*. Tokyo, Japan : McGraw-Hill, 1965.
- [8] Wardhana, Arif. 2019. Teori Dasar Kondensor. Academia. 2019. (Online), ([https://www.academia.edu/8807324/Teori\\_Dasar\\_Kondensor](https://www.academia.edu/8807324/Teori_Dasar_Kondensor)), diakses 28 Oktober 2019.

